Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 1, Mar- Apr 2023, p. 125-143

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۲ ص.۱۴۳-۱۲۵

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir
Research Paper

Optimization of Non-dairy Dessert Formulation based on Almond Milk Containing Tragacanth Gum and Stevia Sweetener

F. Hadidi[1], A. Ganjloo[2*], M.H. Fakoor[3]

Received: 2022.03.07
Revised: 2022.05.27
Accepted: 2022.07.29
Available Online: 2022.07.29

How to cite this article:
Hadidi, F., Ganjloo, A., & Fakoor, M.H. (2023). Optimization of non-dairy dessert formulation based on almond milk containing tragacanth gum and stevia sweetener. *Iranian Food Science and Technology Research Journal 19*(1): 125-143. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.69932.1157

Introduction

The demand for non-dairy and reduced-calorie products has increased substantially for several reasons. Almond (*Prunus dulcis*) milk is highly appreciated by lactose-intolerant, hypertensive people and celiac patients whom are not able to consume animal's milk. Thus, the development of various non-dairy products is essential. Desserts are the most common and popular product containing high amount of fat and sucrose. The consumption of sucrose is restricted for diabetic people due to its high glycemic index. Stevia as a low-calorie sweetener is one of the sucrose substitutes in food products. Sucrose substitutes must mimic the techno-functional properties of sucrose. Generally, commercially available sucrose substitutes do not possess all of the required characteristics. Therefore, using them in blend form with sucrose is suggested. Moreover, sucrose replacement especially in desserts generates a negative effect due to low firmness or higher syneresis. In this regard, hydrocolloids can be used to overcome those drawbacks. Therefore, the current study was carried out to investigate and optimize the non-dairy dessert formulation based on almond milk containing Tragacanth gum and stevia. For this purpose, the effect of Tragacanth gum and stevia as a sucrose replacer on the physicochemical properties such as hardness, viscosity, color coordinates including lightness, redness-greenness (a^*), yellowness-blueness (b^*), total soluble solids and syneresis was evaluated and optimized using Response Surface Methodology (RSM).

Materials and Methods

All of the materials used for the manufacturing of non-dairy dessert including raw almond, stevia and Tragacanth gum were purchased from a local market of Zanjan, Iran. For the production of non-dairy dessert, the almond milk warmed up to 40 ºC and then stevia as a sucrose substitutes and tragacanth gum powder as a stabilizer were added in the ranges of 25-75% and 0.4-1% *w/w*, respectively. Later, the temperature of the mixture increased to 72 ºC and kept for 10 min and then, the temperature decreased to 42 ºC to inoculate the starter culture (a mixture of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*, 2% *w/w*). The fermentation process was completed at 37 °C for 24 h. Finally, the temperature of non-dairy dessert based on almond milk was decreased to 4ºC and kept at the same temperature until further analysis. The pH of the desserts was measured using a pH meter model AZ 86502 (AZ, Taiwan). Total soluble of the desserts was determined using a refractometer (ATAGO, Japan). Firmness was determined using a STM-5 texture analyzer (SANTAM Co., Iran) equipped with a 20 Kg load cell and 10 mm probe. Viscosity was measured using a programmable Viscometer (R/S-CPS+, Brookfield, USA) equipped with a cone-plate geometry at shear rate of 100 s^{-1}. Instrumental color measurement was carried out by a handheld colorimeter (TES135-A, Taiwan) considering L^*, a^* and b^* as color coordinates. Syneresis was measured by a centrifugation test. Fifteen semi-trained panelists (7 male and 8 female) were selected to evaluate sensory properties of the control (only contains

1- Former M.Sc Student, Department of Food Science and Engineering, Hidaj Branch, Islamic Azad University, Hidaj, Iran
2- Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
(*- Corresponding Author Email: aganjloo@znu.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Microbiology, Hidaj Branch, Islamic Azad University, Hidaj, Iran
DOI: 10.22067/ifstrj.2022.69932.1157

sucrose) and optimized formulation samples for texture, color, appearance, taste, flavor, total acceptance using a 5-point Hedonic scale (1= dislike extremely and 5=like extremely). The RSM-central composite design was used to build up the experimental design and identify the conditions that yield highest firmness, viscosity, L^*, and total soluble solids as well as lowest a^*, b^* and syneresis.

Results and Discussion

The results obtained revealed that the hardness, viscosity, a^* and total soluble solids increased significantly ($p<0.05$) while the lightness, b^* and syneresis decreased significantly ($p<0.05$) with increasing the Tragacanth gum in the formulation of non-dairy dessert based on almond milk. In addition, increasing the replacement of sucrose with stevia significantly ($p<0.05$) reduced the hardness, viscosity, total soluble solids, and increasing lightness and syneresis. However, increasing the percentage of sucrose replacement with stevia had no significant effect ($p>0.05$) on the changes of a^* and b^*. Optimization of non-dairy dessert formulation based on almond milk was carried out using numerical technique. The optimal formula was 1% Tragacanth gum and 45% replacement of sucrose with stevia. Under these conditions, hardness 0.08 N, viscosity 1.20 Pa.s, lightness 82.77, redness-greenness 0.95, yellowness-blueness 5.60, total soluble solids 8.29 ºBrix and syneresis 11.88% were obtained. The results of sensory evaluation showed that addition of Tragacanth gum and replacing stevia at the optimal levels improved the total acceptance score compared to the control sample.

It can be concluded that in addition to the reliability of the RSM to select the optimal formulation conditions, Tragacanth gum and stevia can be used to produce a new, reduced-calorie and customer-friendly non-dairy dessert based on almond milk.

Keywords: Color, Response surface methodology, Sensorial properties, Syneresis, Viscosity

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 1, Mar- Apr 2023, p. 125-143

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، فروردین- اردیبهشت ۱۴۰۲ ص. ۱۴۳-۱۲۵

مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و شیرین کننده استویا

فریبا حدیدی[۱]- علی گنجلو[۲*]- محمد هادی فکور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی و بهینه‌سازی فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا صورت پذیرفت. بدین منظور تاثیر افزودن صمغ کتیرا در سطوح ۰/۴-۱ درصد و جایگزینی ساکارز با استویا در سطوح ۲۵-۷۵ درصد بر ویژگی‌هایی نظیر سفتی بافت، ویسکوزیته، پارامترهای رنگ‌سنجی شامل میزان روشنایی، قرمزی- سبزی (a^*)، زردی- آبی (b^*)، مواد جامد محلول و آب‌اندازی مورد ارزیابی قرار گرفت. طراحی آزمایشات بر اساس روش شناسی سطح- پاسخ و طرح مرکب مرکزی انجام پذیرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که با افزایش درصد صمغ کتیرا در فرمولاسیون سفتی بافت، ویسکوزیته، a^* و مواد جامد محلول به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت در حالی‌که روشنایی، b^* و آب‌اندازی به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافتند. به‌علاوه، افزایش جایگزینی ساکارز با استویا به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) سبب کاهش سفتی بافت، ویسکوزیته، مواد جامد محلول و افزایش روشنایی و آب‌اندازی گردید. این در حالی است که افزایش درصد جایگزینی ساکارز با استویا تاثیر معنی‌داری بر تغییرات a^* و b^* نداشت. بهینه‌سازی فرمولاسیون دسر غیرلبنی بر پایه شیر بادام با استفاده از تکنیک عددی انجام شد. فرمول بهینه شامل ۱ درصد صمغ کتیرا و ۴۵ درصد جایگزینی ساکارز با استویا به‌دست آمد. تحت این شرایط سفتی بافت ۰/۰۸ نیوتن، ویسکوزیته۱/۲۰ پاسکال.ثانیه ، روشنایی۸۲/۷۷، قرمزی- سبزی ۰/۹۵، زردی-آبی۵/۶۰، مواد جامد محلول ۸/۲۹ درجه بریکس و آب‌اندازی ۱۱/۸۸ درصد پیش‌بینی شد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد افزودن صمغ کتیرا و جایگزینی استویا در سطوح بهینه سبب افزایش امتیاز پذیرش کلی نسبت به نمونه کنترل می‌شود. لذا می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر قابل اطمینان بودن روش شناسی سطح-پاسخ برای انتخاب شرایط بهینه فرمولاسیون می‌توان از صمغ کتیرا و استویا برای تولید یک فراورده غیر لبنی جدید بر پایه شیر بادام با کالری کاهش یافته و مشتری پسند استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آب‌اندازی، رنگ، روش‌شناسی سطح پاسخ، ویسکوزیته، ویژگی‌های حسی

مقدمه

امروزه یکی از شاخص‌های توسعه جوامع انسانی سرانه مصرف شیر و فرآورده‌های آن است. به‌علاوه اینکه تاثیر آن بر میزان سلامتی انسان‌ها به خوبی روشن شده است. اما طی سالیان اخیر به دلیل مشکلات مربوط به عدم تحمل شیر گاو، حساسیت به پروتئین‌های حیوانی و یا به دلیل تغییر عادات غذایی تقاضا برای محصولاتی بر پایه شیرهای غیر لبنی (گیاهی) افزایش یافته است. لذا مطالعه بر روی شیرهای غیر لبنی و محصولات حاصل از آن از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این راستا تولید شیرهای غیر لبنی بر پایه سویا (Li *et al*., 2021)، فندق (Bernat *et al*., 2015) و بادام (Wang *et al*., 2020) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که شیرهای گیاهی منبع غنی از کلسیم، فسفر و پتاسیم و ترکیبات ضد اکسایش (Jenkins *et al*., 2008) می‌باشند.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد هیدج، دانشگاه آزاد اسلامی، هیدج، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان ، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: aganjloo@znu.ac.ir)
۳- استادیار گروه میکروبیولوژی، واحد هیدج، دانشگاه آزاد اسلامی، هیدج، ایران
DOI: 10.22067/ifstrj.2022.69932.1157

بادام (*Prunus amygdalus*) متعلق به خانواده رزاسه[1] و یکی از محبوب‌ترین دانه‌های آجیلی در سراسر جهان است که به علت خواص منحصربفردش از آن به‌صورت میان وعده، به‌عنوان طعم‌دهنده و جزئی از فرمولاسیون فراورده‌های فرآوری شده استفاده می‌شود (Sang *et al*., 2002). مغز بادام غنی از اسیدهای چرب تک غیر اشباع، فیبر، پروتئین (عمدتا آماندین[2])، ویتامین‌ها و مواد معدنی بدون محتوای لاکتوز و کلسترول است (Siriwardhana and Shahidi, 2002; Jalali-khanabadi *et al*., 2010). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که به علت محدود بودن تجزیه فیزیکی و شیمیایی مغز بادام به‌صورت کامل (خام یا بو داده) در دهان، معده و روده کوچک ممکن است به‌طور کامل هضم انجام نشود (Grundy *et al*., 2015; Mandalari *et al*., 2014). از عصاره مغز بادام فراورده‌ای با قابلیت هضم بسیار بالا به‌نام شیر بادام که یک نوشیدنی غیر لبنی سلامت‌بخش کلوئیدی حاوی پروتئین‌ها، لیپیدها، پلی‌ساکاریدها، تانن‌ها، فیتات‌ها، فیبرها و ترکیبات ضد اکسایش است تولید می‌شود که منشاء آن به نواحی مدیترانه باز می‌گردد (Dhakal *et al*., 2014; Kamil and Chen, 2012; Valencia Flores *et al*., 2013). نتایج مطالعات حاکی از وجود ارتباط بین مصرف بادام و شیر بادام و کاهش خطر بیماری‌های چاقی و دیابت نوع دو (Tan and Mattes, 2013) و عروق کرونری به دلیل کاهش سطح کلسترول LDL (Chen *et al*., 2005) می‌باشد.

دسر به‌عنوان فرآورده‌ای که باید حداقل حاوی ۵۰ درصد شیر تازه حیوانی یا گیاهی یا ترکیبی از آنها باشد در بین مصرف‌کنندگان از محبوبیت بالایی برخوردار است. این فراورده با افزودن افزودنی‌های مجاز نظیر انواع طعم دهنده‌ها، قوام دهنده‌ها و پایدارکننده‌ها پس از طی فرآیند حرارتی تولید می‌شود (ISIRI, 2012). دسرها معمولا دارای عطر و طعم مطلوب هستند که برای مصرف کننده خوشایند است اما متاسفانه به علت استفاده از کربوهیدرات‌ها این فراورده کالری بالایی دارد. از آنجایی‌که ارتبط بین بروز چاقی و بیماری‌های ناشی از چاقی با مصرف فراورده‌های غذایی با کالری بالا به اثبات رسیده است لذا تولید فراورده‌های غذایی کم کالری یا با کالری کاهش یافته از اهمیت بسزایی برخوردار است.

استویا نام عمومی گیاه بوته‌ای پر برگ و چند ساله به نام استویا ربایودیانا برتونی[3] متعلق به خانواده آفتابگردان است که گلیکوزیدهای استویول (استویوزید[4] و ربایودیوزاید A[5]) آن به شدت شیرین هستند اما در مقایسه با شکر تجاری کالری بسیار کمتری دارد (Falah Shojaee *et al*., 2018; Kennelly, 2002). این گیاه بومی نواحی آمریکای مرکزی و جنوبی است اما اکنون به دلیل اهمیت آن به‌عنوان یک منبع شیرین کننده طبیعی در سایر مناطق جهان نیز کشت می‌شود. در این راستا جایگزینی شکر تجاری با استویا برای فراورده‌هایی نظیر کیک و کلوچه (Walter and Soliah, 2010)، نکتار زردآلو (Asgari and Goli, 2018)، دسر ژلاتینی (Faghih Zadeh Gorji and Sharifi, 2020)، شربت رژیمی زعفران (Hashemi *et al*., 2015) و بستنی (Sheybani *et al*., 2018; Aranda-Gonzalez *et al*., 2016) بررسی شده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهند که استویا می‌تواند جایگزین مناسبی برای شکر تجاری باشد و رضایت مصرف‌کننده را نیز جلب نماید.

از طرفی، استفاده از صمغ‌ها در فرمولاسیون فراورده‌هایی نظیر نوشیدنی‌ها و یا دسرهای لبنی یا غیر لبنی به‌عنوان هیدروکلوئیدهایی که توانایی تشکیل ژل از طریق ایجاد اتصال با آب، افزایش ویسکوزیته و ویژگی‌های امولسیون کنندگی دارند متداول است (Alirezaee and Barzegar, 2017). در سالیان اخیر مطالعاتی با هدف بررسی تاثیر استفاده از صمغ‌ها یا موسیلاژهایی نظیر کاراگینان (Bayarri *et al*., 2010)، زدو یا همان صمغ فارسی (Jooyandeh *et al*., 2019)، به و بالنگو (Karbalaei Amini *et al*., 2021)، اسفرزه، شاهی و ریحان (Jooyandeh *et al*., 2019) در فراورده‌های غذایی مختلف صورت پذیرفته است.

کتیرا، صمغ تراوشی خشک شده نوعی گون از جنس آستراگالوس[6] است که مرغوب‌ترین نوع آن به مقدار زیاد در ایران تولید می‌شود. این صمغ از نظر شیمیایی دارای دو بخش محلول و نامحلول در آب می‌باشد که به ترتیب تراگاکانتین[7] و باسورین[8] (تراگاکانتیک اسید[9]) نامیده می‌شوند. جزء نامحلول در آب قابلیت تورم و تشکیل ژل را دارد در حالی‌که جزء محلول، در آب حل شده و محلول کلوئیدی ایجاد می‌نماید (Weiping and Branwell, 2000). صمغ کتیرا توسط سازمان غذا و داروی آمریکا به‌عنوان یک افزودنی ایمن طبقه‌بندی شده است لذا از آن می‌توان به‌عنوان پایدارکننده، امولسیون کننده، قوام دهنده و ایجاد کننده احساس خامه‌ای در دهان در فرآورده‌های غذایی استفاده نمود (Weiping and Branwell, 2000). تاکنون صمغ کتیرا در فرمولاسیون فراورده‌هایی نظیر کیک اسفنجی (Zomorodi *et al*., 2018)، شیر کاکائو (Nateghi *et al*., 2019)، نکتار زردآلو (Asgari and Goli,

1- Rosaceae
2- Amandin
3- *Stevia rebaudiana Bertoni*
4- Stevioside
5- Rebaudioside A

6- *Astragalus*
7- Tragacanthin
8- Bassorin
9- Tragacanthic acid

2018) و شیر پسته (Gerdabi Targhi *et al.*, 2018) با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است.

روش شناسی سطح- پاسخ[1] مجموعه‌ای از تکنیک‌های ریاضی و آماری برای ایجاد مدل‌های تجربی در جهت توسعه، بهبود و بهینه‌سازی فرایندها است. از اهداف استفاده از این روش آماری می‌توان به تعیین تعامل بین فراسنجه‌های مختلف، کاهش تعداد دفعات آزمایش‌های تجربی، زمان و هزینه‌های کلی اشاره نمود (Samavati, 2013). در روش شناسی سطح- پاسخ از طرح‌هایی نظیر طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر، مرکب مرکزی و باکس- بنکن می‌توان استفاده نمود. تاکنون از این روش شناسی برای بهینه‌سازی فرمولاسیون شیر پسته (Gerdabi Targhi *et al.*, 2018)، پایداری به کمک فراصوت و فرمولاسیون شیر بادام (Maghsoudlou *et al.*, 2016)، دسر شیری بر پایه عسل خرما، نشاسته ذرت و ژلاتین (Mehrabi and Goli, 2018) و دسرهای بر پایه سویا (Granato *et al.*, 2010) با موفقیت استفاده شده است. بررسی منابع صورت پذیرفته حاکی از آن است که تاکنون مطالعه‌ای بر روی تولید دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و شیرین کننده استویا انجام نشده است. لذا این پژوهش با هدف توسعه یک دسر غیرلبنی مطلوب با کالری کاهش یافته بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و شیرین کننده استویا انجام شد. بدین منظور فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا (۰/۴-۱ درصد) و شیرین کننده استویا به‌عنوان جایگزین ساکارز (۲۵-۷۵ درصد) با استفاده از روش شناسی سطح–پاسخ و طرح مرکب مرکزی بهینه شد. بهینه‌سازی فرمولاسیون با هدف به حداکثر رساندن سفتی بافت، ویسکوزیته، مولفه روشنایی و مواد جامد محلول و به حداقل رساندن مولفه‌های قرمزی- سبزی، زردی- آبی و آب‌اندازی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

مغزهای خام بادام درختی از بازار محلی زنجان خریداری شد و پس از انتقال به آزمایشگاه به خوبی با آب سرد به منظور رفع آلودگی‌های خارجی شسته شد و در سایه و در دمای اتاق با جریان طبیعی هوا خشک گردید. صمغ کتیرا از یک عطاری در شهر زنجان تهیه شد و قبل از افزودن به فرمولاسیون به وسیله آسیاب برقی (گوسونیک، چین) به پودر تبدیل شد و از الک با مش استاندارد ۱۰۰ گذرانده شد. پودر استویا با برند بی‌لو[2] (ایران) از یک فروشگاه مواد غذایی در شهر زنجان خریداری شد.

تولید شیر بادام

به منظور تولید شیر بادام ابتدا ۱۰۰۰ گرم مغز خام بادام درختی به همراه ۳ لیتر آب به مدت ۱۸-۲۰ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس خیسانده شد و پس جدا کردن مغزها از آب، پوسته‌های آن به‌صورت دستی جدا شدند. در مرحله بعد بادام‌ها به مدت ۳ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سلسیوس به‌صورت بن ماری حرارت داده شدند. سپس بادام و آب با نسبت یک به سه به مدت ۳ دقیقه در مخلوط کن با سرعت کم مخلوط و ماده حاصل از دو لایه پارچه صافی عبور داده شد. در نهایت مخلوط از یک فیلتر با اندازه منافذ۸۰ میکرومتر گذرانده شد. از این مخلوط صاف شده در ادامه به‌عنوان شیر بادام استفاده می‌شود (Maghsoudlou *et al.*, 2016).

تهیه دسر بر پایه شیر بادام

برای تهیه دسر از روش عربی و همکاران (Aarabi *et al.*, 2019) استفاده شد. بدین منظور ابتدا دمای شیر بادام تا ۴۰ درجه سلسیوس افزایش یافت و سپس استویا به‌عنوان شیرین‌کننده در محدوده ۲۵- ۷۵ درصد به‌عنوان جایگزین ساکارز (برای محاسبه مقدار نهایی استویا شیرینی نسبی استویا ۷ برابر ساکارز در نظر گرفته شد) و همچنین پودر کتیرا به میزان ۰/۴-۱ درصد وزنی/وزنی به‌عنوان پایدار کننده بر اساس تیمارهای طراحی شده در جدول ۱ به آرامی به شیر بادام اضافه و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به‌طور مداوم هم‌زده شد. پس از افزایش دمای مخلوط شیر بادام، استویا و صمغ کتیرا به ۷۲ درجه سلسیوس، مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد و در نهایت دما تا ۴۲ درجه سلسیوس کاهش یافت. در این دما مخلوطی از باکتری‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* (کریستین هانسن، دانمارک) به‌عنوان آغازگر به میزان ۲ درصد وزنی/وزنی به مخلوط تلقیح شد و فرایند تخمیر در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت تکمیل گردید. در نهایت دمای محصول تا ۴ درجه سلسیوس کاهش یافت (Aarabi *et al.*, 2019).

اندازه‌گیری محتوای رطوبت، چربی، پروتئین، کربوهیدرات، فیبر و خاکستر مغز بادام و شیر بادام

1- Response surface methodology

2- below

محتوای رطوبت، چربی، پروتئین، کربوهیدرات، فیبر و خاکستر مغز بادام و شیر بادام مطابق با استاندارد AOAC (۲۰۰۰) تعیین شد.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل و pH

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل از یک دستگاه رفراکتومتر چشمی (آتاگو، ژاپن) در دمای اتاق استفاده شد و نتایج بر حسب درجه بریکس بیان گردید.

اندازه‌گیری pH مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ و با استفاده از یک pH متر رومیزی (AZ 86502، تایوان) در دمای اتاق انجام پذیرفت (ISIRI, 2006). نمونه‌های دسر قبل از اندازه‌گیری pH به‌طور کامل یکنواخت شدند.

ارزیابی بافت دسر غیر لبنی

به‌منظور ارزیابی بافت از دستگاه بافت‌سنج (STM-5، سنتام، ایران) مجهز به لود سل ۲۰ کیلوگرمی و پروب به قطر ۱۰ میلی‌متر با عمق نفوذ ۱۵ میلی‌متر (۵۰ درصد ارتفاع اولیه) با سرعت بیشینه ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. حداکثر نیروی ثبت شده به‌عنوان سفتی در نظر گرفته و بر حسب نیوتن گزارش شد.

اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته با استفاده از دستگاه رئومتر بروکفیلد (R/S-CPS+, USA) مجهز به سیستم تنظیم دما در نرخ برشی ۱۰۰ بر ثانیه اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته از اسپندل مخروطی-صفحه‌ای با قطر ۷۵ میلی‌متر با فاصله دو صفحه معادل ۱ میلی‌متر استفاده شد.

اندازه‌گیری رنگ

مولفه‌های روشنایی- تیرگی (L^*)، قرمزی- سبزی (a^*) و زردی- آبی (b^*) با استفاده از یک دستگاه رنگ‌سنج قابل حمل (TES135-A، تایوان) کالیبره شده با کاشی سفید استاندارد در دمای اتاق اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری درصد آب‌اندازی

برای اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی حدود ۱۰ گرم نمونه پس از توزین با ترازوی دیجیتال (WTC2000، لهستان) با دقت ۰/۰۱ گرم با سرعت ۱۲۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. درصد آب‌اندازی نمونه‌ها با استفاده از معادله زیر تعیین گردید (Aportela Palacios *et al*., 2005).

(۱) (وزن نمونه اولیه/ وزن آب جدا شده از نمونه)= ٪ آب‌اندازی

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های دسر غیر لبنی شامل نمونه با فرمولاسیون بهینه و نمونه شاهد (تنها حاوی ساکارز) با حضور ۱۵ نفر از دانشجویان رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی (۷ نفر آقا و ۸ نفر خانم) انجام شد. ویژگی‌هایی نظیر بافت، رنگ، ظاهر، مزه، عطر و طعم و پذیرش کلی به روش آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱= بسیار ناخوشایند، ۵= بسیار خوشایند) بلافاصله پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت.

بهینه‌سازی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش، از نرم‌افزار آماری Design Expert 7.0.3 (Minneapolis, USA) برای اعمال روش شناسی سطح- پاسخ، بررسی روابط میان فراسنجه‌های مستقل و پاسخ‌ها، ایجاد نمودارهای سه بعدی و بهینه‌یابی استفاده شد. طراحی آزمایشات بر اساس طرح مرکب مرکزی شامل ۲۱ تیمار با ۵ تکرار در نقطه مرکزی انجام شد. فراسنجه‌های مورد مطالعه و سطوح بالا (۱+)، میانی (صفر) و پایینی (۱-) آنها بر اساس مطالعات اولیه انتخاب گردید (جدول ۱). از مدل چند جمله‌ای برای مدل‌سازی استفاده شد. مدل درجه دوم را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$Y(\%) = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_{ii} X_i^2 + \sum \beta_{ij} X_i X_j \qquad (۲)$$

در این رابطه β_0، β_i، β_{ii} و β_{ij} ضرایب رگرسیونی به ترتیب برای عرض از مبدا، اثرات خطی، درجه دوم، اثرات متقابل و X_i و X_j فراسنجه‌های مستقل شامل غلظت صمغ کتیرا (۰/۴-۱ درصد) درصد جایگزینی ساکارز با استویا (۲۵-۷۵ درصد) هستند. از آزمون ضعف برازش[1]، ضریب تغییرات (C.V.)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تبیین اصلاح شده (adj-R^2) و عدد p در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای بررسی صحت مدل‌های پیشنهادی وتاثیر فراسنجه‌ها استفاده شد. برای تعیین شرایط بهینه از روش بهینه‌سازی عددی[2] با هدف به حداکثر رساندن سفتی بافت، ویسکوزیته، روشنایی و مواد جامد محلول و به حداقل رساندن قرمزی- سبزی، زردی- آبی و آب‌اندازی استفاده شد. برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، مقادیر پیش بینی شده پاسخ‌ها با مقادیر تجربی به‌دست آمده تحت شرایط بهینه (حداقل ۵ تکرار) مقایسه گردید. تمامی آزمون‌ها با سه تکرار انجام شدند و نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش گردید.

1- *Lack-of-fit* test
2- Numerical optimization

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی مغز خام بادام درختی و شیر بادام اندازه‌گیری گردید. میزان رطوبت مغز خام بادام درختی ۵/۱±۰/۰۸، چربی ۵۱/۱۲ ±۰/۱۶، خاکستر ۴/۰۱±۰/۰۳، قند کل ۵/۲۰±۰/۲۶، پروتئین ۲۷/۱۹±۰/۱۵ و فیبر ۷/۳۱±۰/۰۹ گرم در ۱۰۰ گرم بود. در حالی‌که شیر بادام حاوی ۹۴/۴۰±۰/۳۹ رطوبت، ۲/۶۶±۰/۱۲ چربی، ۰/۳ ±۰/۰۱ خاکستر، قند کل ۰/۰۵±۰/۰۰۱، پروتئین ۱/۸۲±۰/۰۵ و فیبر ۰/۶۵±۰/۰۵ گرم در ۱۰۰ گرم بود. نتایج به‌دست آمده تقریبا با سایر نتایج محققان مشابهت داشت (Bernat *et al.*, 2015; Maghsoudlou *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2020). همان‌طور که ملاحظه می‌شود شیر بادام در مقایسه با شیر گاو میزان چربی بالاتر و پروتئین پایین‌تری دارد. شیر بادام دارای pH برابر ۶/۲ بود در حالی که این مقدار برای دسر بر پایه شیر بادام برابر ۴/۵ بود.

بررسی تاثیر فراسنجه‌های مستقل بر خصوصیات دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام

سفتی بافت

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود محدوده سفتی بافت دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا در محدوده ۰/۰۲ تا ۰/۱۰ نیوتن قرار داشت. براساس جدول ۲، آزمون F برای مدل خطی معنی‌دار بود (F-value=۱۸۵/۶۶، p<۰/۰۰۰۱). به‌علاوه، اثرات خطی تمامی فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری بر پاسخ داشتند (p<۰/۰۰۰۱). مدل چند جمله‌ای نهایی به شرح زیر بود:

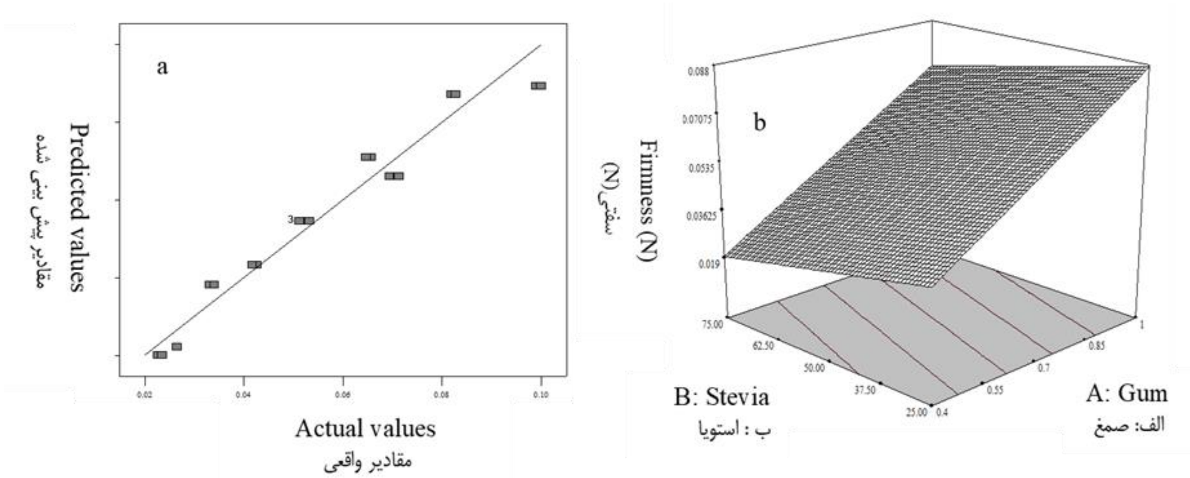
$$\text{Firmness (N)} = 0.053 + 0.026A - 8.39\times10^{-3}B$$

در این معادله، A میزان صمغ کتیرا (درصد) و B میزان جایگزینی ساکارز با استویا (درصد) بود. علائم مثبت و منفی ضرایب به ترتیب نشان‌دهنده اثرات سینرژیستی و آنتاگونیستی فراسنجه‌های مستقل بر پاسخ می‌باشند. دقت و ارتباط بین پاسخ و فراسنجه‌های مستقل به وضوح توسط ضریب تبیین (R^2=۰/۹۵۳۸) و ضریب تبیین تعدیل شده (adj-R^2=۰/۹۴۸۶) نشان داده شده است. شکل ۱– الف نیز مؤید انطباق مطلوب بین داده‌های تجربی و پیش بینی شده است.

جدول ۱- ماتریس طراحی آزمایشات بر اساس طرح مرکب مرکزی و مقادیر داده های تجربی

Table 1- Central composite experimental design matrix and experimental values

Run	Independent variables متغیرهای مستقل		Responses پاسخ‌ها						
	Gum concentration (%) غلظت صمغ	Stevia (%) استویا	Firmness (N) سفتی	Viscosity (Pa.S) ویسکوزیته	L^*	a^*	b^*	Brix (ºB) بریکس	Syneresis (%) آب اندازی
1	0.28	50.00	0.021	0.161	84.5	-0.630	6.870	6.5	25.26
2	0.28	50.00	0.020	0.163	84.7	-0.636	6.840	6.40	25.29
3	0.40	25.00	0.032	0.269	87.66	-0.333	6.230	7.30	18.12
4	0.40	75.00	0.024	0.220	88.38	-0.298	5.938	6.70	21.10
5	0.40	25.00	0.031	0.268	87.68	-0.336	6.200	7.31	18.15
6	0.40	75.00	0.024	0.221	88.35	-0.290	5.940	6.72	21.00
7	0.70	50.00	0.050	0.730	85.58	0.230	6.181	7.30	17.60
8	0.70	50.00	0.050	0.730	85.59	0.240	6.180	7.60	17.55
9	0.70	14.64	0.071	0.850	85.64	0.110	6.800	8.00	15.42
10	0.70	85.36	0.041	0.680	87.89	0.350	6.300	7.01	18.66
11	0.70	14.64	0.069	0.860	85.65	0.110	6.820	8.00	15.39
12	0.70	50.00	0.052	0.729	85.55	0.210	6.180	7.30	17.58
13	0.70	50.00	0.050	0.730	85.56	0.230	6.181	7.50	17.61
14	0.70	85.36	0.040	0.682	87.87	0.330	6.320	7.00	18.69
15	0.70	50.00	0.051	0.731	85.56	0.220	6.179	7.30	17.59
16	1.00	75.00	0.065	1.060	86.19	0.535	5.410	7.60	13.55
17	1.00	25.00	0.083	1.269	80.87	0.790	5.332	7.90	12.26
18	1.00	75.00	0.064	1.050	86.21	0.530	5.430	7.70	13.57
19	1.00	25.00	0.082	1.268	80.88	0.78	5.331	7.89	12.28
20	1.12	50.00	0.100	1.400	82.27	1.825	5.214	9.50	8.00
21	1.12	50.00	0.101	1.402	82.25	1.826	5.216	9.40	8.12



شکل ۱- (الف) کفایت برازش و (ب) نمودار سطح پاسخ تاثیر افزودن صمغ کتیرا (% ;A) و جایگزینی ساکارز با استویا (% ;B) بر سفتی (N)
Fig. 1- (a) Goodness of fit and (b) Response surface plot showing the effects of Tragacanth gum (A; %), and stevia substitution (B; %) on Firmness (N)

سفتی بافت به دلیل ایجاد احساس دهانی مطلوب یکی از ویژگی‌های مهم محسوب می‌شود. تاثیر فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه بر سفتی بافت دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا به‌صورت سطح- پاسخ سه بعدی در شکل ۱- ب نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد با افزایش میزان صمغ کتیرا در فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام سفتی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. افزایش صمغ کتیرا از طریق متراکم نمودن ساختار پروتئینی سبب افزایش سفتی بافت محصول می‌شود. بررسی سایر مطالعات نشان می‌دهد که با افزودن صمغ‌های مختلف نظیر به و بالنگو (Karbalaei Amini *et al.*, 2021) و موسیلاژ دانه‌های اسفرزه، شاهی و ریحان (Jooyandeh *et al.*, 2019) به ترتیب سفتی بافت دسرهای لبنی کم چرب و دسرهای لبنی شکلاتی کم چرب افزایش می‌یابد از طرفی نتایج بدست آمده موید این مطلب است که با افزایش درصد جایگزینی ساکارز با استویا سفتی بافت نمونه‌های دسر غیر لبنی کاهش می‌یابد. در نتیجه درصد شکر اثر قابل ملاحظه‌ای بر سفتی بافت نمونه‌ها دارد. کاهش سفتی بافت نمونه‌های حاوی مقادیر کمتر ساکارز را می توان به ویژگی‌های پلاستی‌سایزری و قوام دهندگی ساکارز نسبت داد (Aranda-Gonzalez *et al.*, 2016).

ویسکوزیته

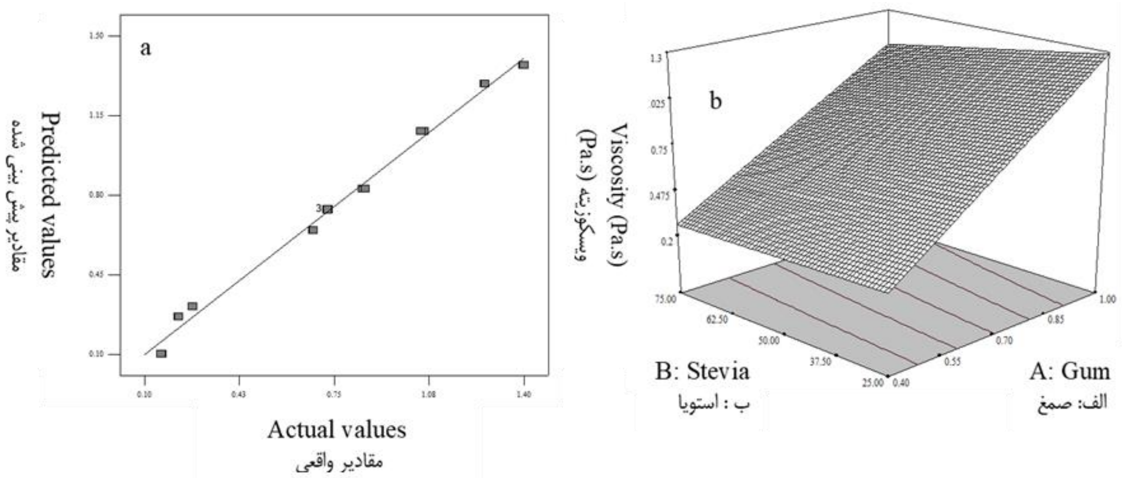
مقادیر ویسکوزیته دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان ویسکوزیته دسرهای غیر لبنی در محدوده ۰/۱۶۱ تا ۱/۴۰۲ پاسکال. ثانیه قرار داشت. براساس جدول ۲، آزمون F برای مدل شامل اثرات متقابل معنی‌دار بود (F-value=۸۰۹/۸۲، p<۰/۰۰۰۱). علاوه بر اثرات خطی (p<۰/۰۰۰۱)، اثر متقابل فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه (p<۰/۰۰۵۵) تاثیر معنی‌داری بر پاسخ داشتند (جدول ۲). مدل چند جمله‌ای نهایی به شرح زیر به‌دست آمد:

$$\text{Viscosity (Pa.s)} = 0.74 + 0.45\,A - 0.063B - 0.041AB$$

در این معادله، A میزان صمغ کتیرا (درصد)، B میزان جایگزینی ساکارز با استویا (درصد) و AB اثرات متقابل فراسنجه‌های مذکور می‌باشند. دقت و ارتباط بین پاسخ و متغیرهای مستقل به وضوح توسط ضریب تبیین (R^2=۰/۹۹۳۱) و ضریب تبیین تعدیل شده (adj-R^2=۰/۹۹۱۸) نشان داده شده است. تکرارپذیری و قابلیت اطمینان به مدل توسط مقدار کم ضریب واریانس (۵ درصد) نیز تایید شد. شکل ۲- الف نیز مؤید انطباق مطلوب بین داده‌های تجربی و پیش بینی شده است.

تاثیر فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه بر ویسکوزیته دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا به صورت سطح- پاسخ سه بعدی در شکل ۲- ب نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ویسکوزیته دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام با افزایش غلظت صمغ کتیرا افزایش می‌یابد هرچند که افزایش میزان جایگزینی ساکارز با استویا سبب کاهش میزان ویسکوزیته می‌شود. به‌طور کلی ترکیب شیمیایی شیر گیاهی، میزان ساکارز و هیدروکلوئیدها و همچنین تعاملات بین آنها تاثیر مستقیم بر ویسکوزیته دارد (Tárrega and Costell, 2006). به‌طور کلی هیدروکلوئیدهایی نظیر صمغ کتیرا با ایجاد شبکه‌ای از اتصالات بین آب و اجزاء شیر گیاهی نظیر پروتئین‌ها مانع حرکت آزادانه آب

می‌شوند. این ویژگی هیدروکلوئیدها می‌تواند سبب افزایش ویسکوزیته و کاهش آب‌اندازی فراورده نهایی گردد (Gómez-Guillén *et al.*, 2011; Morreale *et al.*, 2018). چنین به نظر می رسد که بخش نامحلول یا همان باسورین با ساختار خطی و وزن مولکولی بالای خود منجر به افزایش ویسکوزیته می‌شود (Zhihua *et al.*, 2015). نتایج مطالعات پیشین حاکی از آن است که افزودن هیدروکلوئیدهایی نظیر ثعلب (Ayar *et al.*, 2009)، پکتین و ژلاتین (Aarabi *et al.*, 2019) سبب افزایش ویسکوزیته نمونه‌های مورد مطالعه می‌گردد. از طرفی قندها به دلیل ویژگی آب‌دوستی و ایجاد پیوندهای هیدروژنی از طریق گروه‌های هیدروکسیل با مولکول های آب سبب افزایش ویسکوزیته می‌شوند (Milani *et al.*, 2011). لذا تاثیر افزودن شیرین کننده استویا نیز نباید از این قاعده مستثنی باشد اما از آنجایی‌که شدت شیرینی استویا بیشتر از ساکارز است و به‌منظور جلوگیری از شیرین شدن بیش از حد دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام مقدار مصرف آن کاهش یافته است لذا کاهش ویسکوزیته دور از انتظار نیست. نتایج هاشمی و همکاران (Hashemi *et al.*, 2015) نیز نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی شیرین کننده استویا ویسکوزیته شربت رژیمی زعفران کاهش می‌یابد. علاوه بر این، نتایج سایر مطالعات نیز تایید کننده یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد (Homayouni Rad *et al.*, 2012; Alizadeh *et al.*, 2014).



شکل ۲- (الف) کفایت برازش مدل رگرسیونی و (ب) نمودار سطح پاسخ تاثیر افزودن صمغ کتیرا (A; %) و جایگزینی ساکارز با استویا (B; %) بر ویسکوزیته (Pa.s)

Fig. 2-(a) Goodness of fit and (b) Response surface plot showing the effects of Tragacanth gum (A; %), and stevia substitution (B; %) on viscosity (Pa.s)

رنگ

نتایج اندازه‌گیری مولفه‌های رنگ نشان داد مولفه‌های روشنایی (L^*)، قرمزی- سبزی (a^*) و زردی- آبی (b^*) دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا به ترتیب در محدوده ۸۰/۸۷ تا ۸۸/۳۸، ۰/۶۳- تا ۱/۸۲ و ۵/۲۱ تا ۶/۸۷ قرار دارد (جدول ۱). نتایج ارائه شده در جدول ۲ حاکی از آن است که آزمون F برای مدل‌های چند جمله‌ای معنی‌دار بود (p<۰/۰۰۰۲). همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد اثرات خطی، درجه دوم و متقابل تمامی فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری بر مولفه روشنایی داشتند در حالی‌که فراسنجه جایگزینی ساکارز با استویا تاثیر معنی‌داری بر مولفه‌های قرمزی- سبزی (p=۰/۸۳) و زردی- آبی (p=۰/۲۲) نداشت. مدل‌های چند جمله‌ای نهایی به شرح زیر به‌دست آمد:

$$L^* = 85.57 - 1.53A + 1.15B + 1.16AB - 0.90A^2 + 0.77B^2$$

$$a^* = 0.28 + 0.68A + 0.014B$$

$$b^* = 6.05 - 0.47A - 0.11B$$

در این معادلات، A میزان افزودن صمغ کتیرا (درصد)، B میزان جایگزینی ساکارز با استویا (درصد) و AB اثرات متقابل فراسنجه‌های مذکور بود. دقت و ارتباط بین پاسخ‌ها و فراسنجه‌های مستقل به وضوح توسط ضریب تبیین (R^2=۰/۸۸۵۱-۰/۶۱۳۳) و ضریب تبیین تعدیل شده (adj-R^2=۰/۸۴۱۸-۰/۵۷۰۳) نشان داده شده است. در شکل‌های ۳-۵ (الف) نیز انطباق نسبتا مطلوب بین داده‌های تجربی و پیش بینی نشان داده شده است.

تاثیر فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه بر مولفه‌های روشنایی (L^*)، قرمزی- سبزی (a^*) و زردی- آبی (b^*) دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا به صورت سطح- پاسخ سه

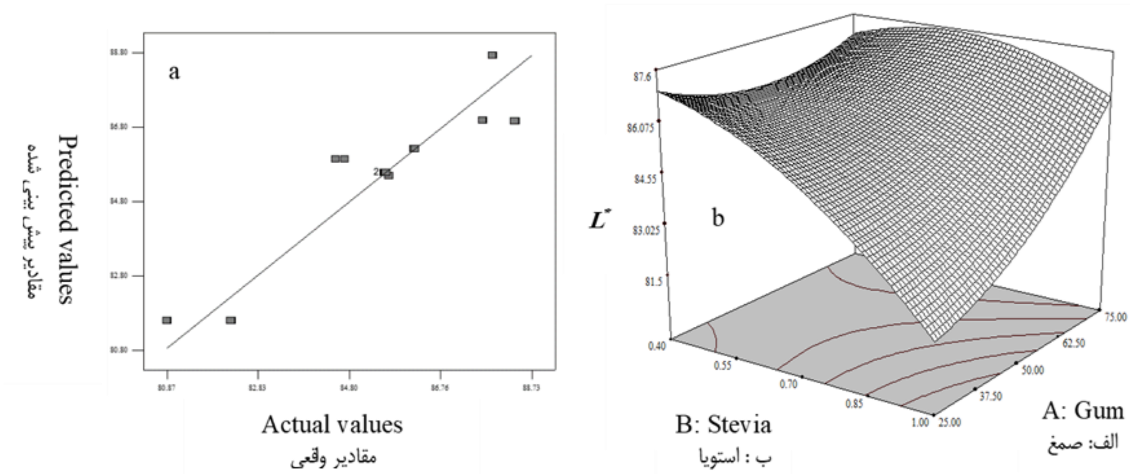
بعدی به ترتیب در شکل‌های ۳-۵ (ب) نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که مولفه روشنایی با افزایش غلظت صمغ کتیرا کاهش یافت. این در حالی است که با افزایش جایگزینی ساکارز با استویا میزان روشنایی نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۳-ب). کاهش میزان مولفه روشنایی به عبارتی دیگر نمایانگر کاهش شفافیت و افزایش کدری نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر صمغ کتیرا است. دلیل این امر را می‌توان به کاهش میزان آب آزاد و در نتیجه تغییر زاویه انعکاس نور در اثر افزایش غلظت صمغ کتیرا نسبت داد. در این راستا، کاهش مولفه روشنایی دسر لبنی در اثر افزایش صمغ شاهی (Karajian *et al.*, 2015) و همچنین صمغ‌های بومی به و بالنگو (Karbalaei Amini *et al.*, 2021) گزارش شده است که با نتیجه به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. از طرفی وقوع برهمکنش بین قندها و پروتئین‌ها نیز با تاثیر بر تفرق نور می‌تواند سبب تغییر در مولفه روشنایی گردد (Yanes *et al.*, 2002). همان‌طور که در شکل ۴- ب ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ کتیرا مولفه قرمزی-سبزی نمونه‌ها افزایش یافت. در مطالعات پیشین نیز افزایش قرمزی دسرهای لبنی با افزایش غلظت صمغ‌های بومی به و بالنگو (Karbalaei Amini *et al.*, 2021) و صمغ شاهی (Karajian *et al.*, 2015) گزارش شده است که تایید کننده نتیجه به‌دست آمده در پژوهش حاضر می‌باشد. لازم به ذکر است که افزایش جایگزینی ساکارز با استویا تاثیر معنی‌داری بر مولفه قرمزی- سبزی نمونه‌ها نداشت. با توجه به شکل ۵- ب می‌توان اذعان نمود که با افزایش غلظت صمغ کتیرا مولفه زردی- آبی نمونه‌ها کاهش یافت. در این راستا، کربلایی امینی و همکاران (Karbalaei Amini *et al.*, 2021) گزارش کردند که با افزایش میزان غلظت صمغ بومی به و بالنگو در فرمولاسیون دسر شیری کم‌چرب مولفه زردی- آبی کاهش می‌یابد. به علاوه، با افزایش جایگزینی ساکارز با استویا برای مولفه زردی- آبی تغییر معنی‌داری مشاهده نگردید (Karbalaei Amini *et al.*, 2021).

مواد جامد محلول کل

میزان مواد جامد محلول کل دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا در محدوده ۶/۴۰ تا ۹/۵۰ درجه بریکس قرار داشت (جدول ۱). براساس جدول ۲، آزمون F برای مدل درجه خطی معنی‌دار بود (F-value=۲۸/۵۵، p<۰/۰۰۰۱). اثرات خطی فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری بر پاسخ داشتند (جدول ۲). مدل چند جمله‌ای نهایی حاصل به شرح زیر بود:

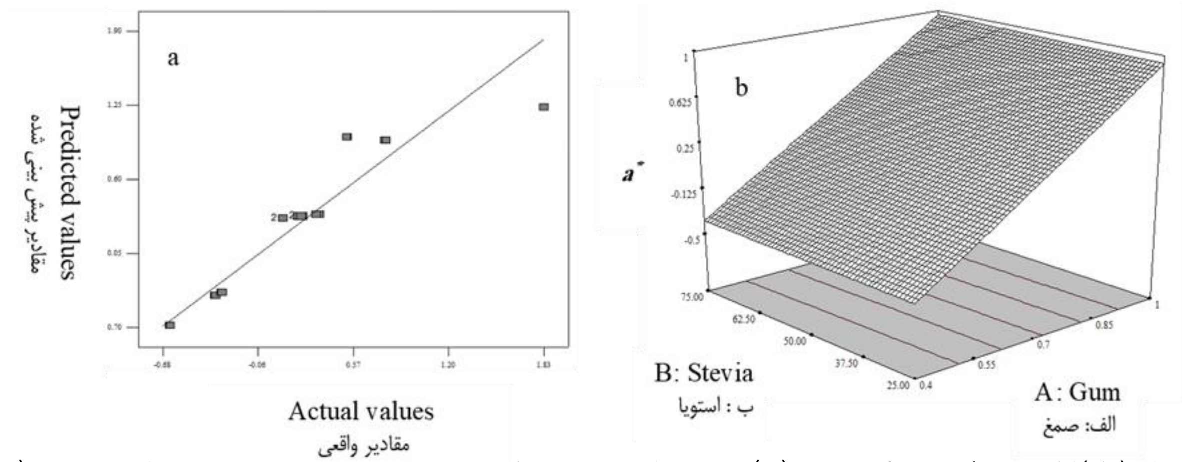
$$(^{o}B) = 7.52 + 0.72A - 0.28B \text{ Total soluble solids}$$

در این معادله، A میزان افزودن صمغ کتیرا (درصد) و B میزان جایگزینی ساکارز با استویا (درصد) بود. دقت و ارتباط بین پاسخ و متغیرهای مستقل توسط ضریب تبیین (R^2=۰/۷۶۰۳) و ضریب تبیین تعدیل شده (adj-R^2=۰/۷۳۳۷) نشان داده شده است. تکرارپذیری و قابلیت اطمینان به مدل توسط مقدار کم ضریب واریانس (۵/۴۵ درصد) نیز تایید شد. شکل ۶- الف نیز مؤید انطباق مطلوب بین داده‌های تجربی و پیش بینی شده است. تاثیر فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه بر میزان مواد جامد محلول کل دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا به صورت سطح-پاسخ سه بعدی در شکل ۶-ب نشان داده شده است.



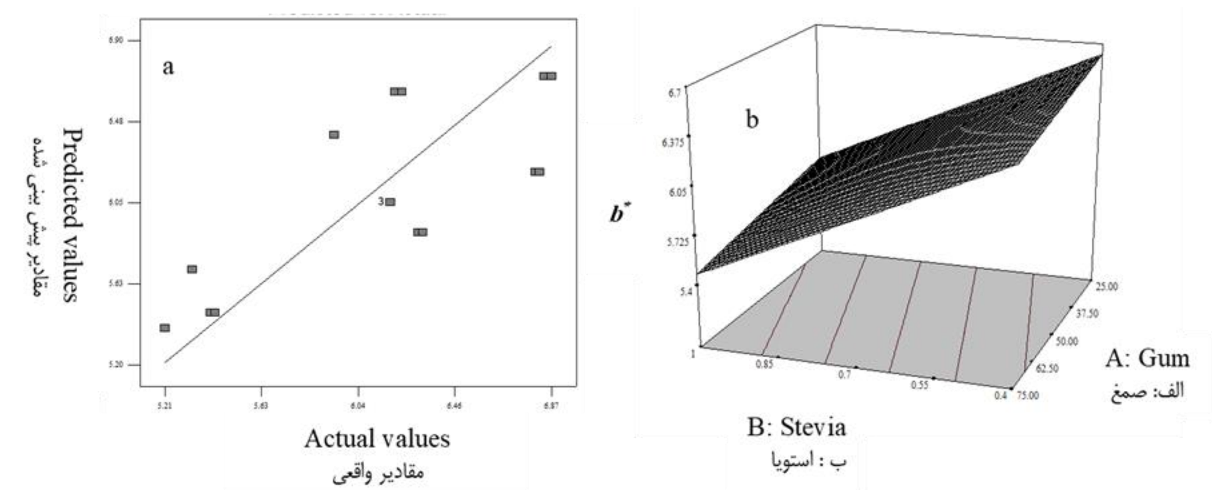
شکل ۳- (الف) کفایت برازش مدل رگرسیونی و (ب) نمودار سطح پاسخ تاثیر افزودن صمغ کتیرا (A; %) و جایگزینی ساکارز با استویا (B; %) بر روشنایی (L^*)

Fig. 3-(a) Goodness of fit and (b) Response surface plot showing the effects of Tragacanth gum (A; %), and stevia substitution (B; %) on lightness (L^*)



شکل ۴- (الف) کفایت برازش مدل رگرسیونی و (ب) نمودار سطح پاسخ تاثیر افزودن صمغ کتیرا (A; %) و جایگزینی ساکارز با استویا (B; %) بر قرمزی- سبزی (a^*)

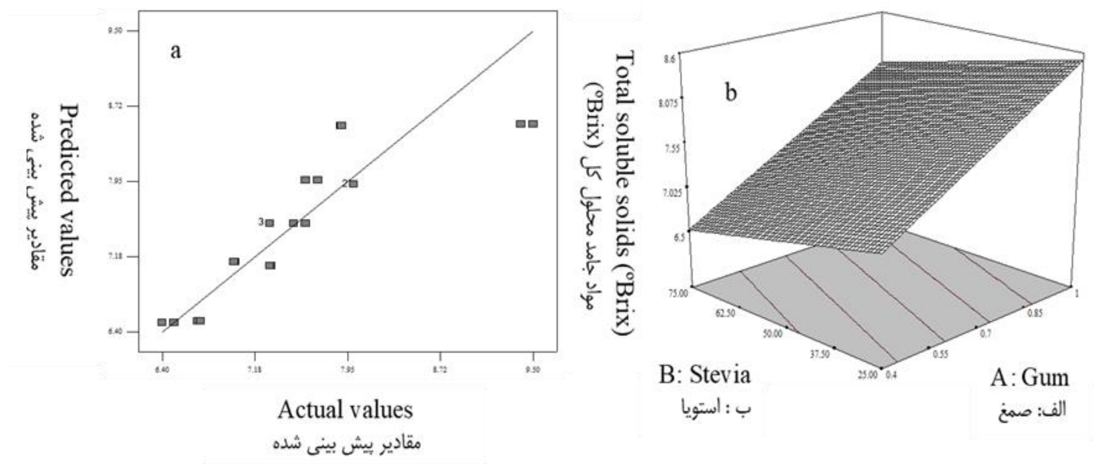
Fig. 4-(a) Goodness of fit and (b) Response surface plot showing the effects of Tragacanth gum (A; %), and stevia substitution (B; %) on redness-greenness (a^*)



شکل ۵- (الف) کفایت برازش مدل رگرسیونی و (ب) نمودار سطح پاسخ تاثیر افزودن صمغ کتیرا (A; %) و جایگزینی ساکارز با استویا (B; %) بر زردی- آبی (b^*)

Fig. 5-(a) Goodness of fit and (b) Response surface plot showing the effects of Tragacanth gum (A; %), and stevia substitution (B; %) on yellowness-blueness (b^*)

همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ کتیرا میزان مواد جامد محلول افزایش می‌یابد. از طرفی با افزایش درصد جایگزینی ساکارز با استویا میزان مواد جامد محلول کاهش یافت. چنین به‌نظر می‌رسد که میزان افزودنی‌های مورد استفاده در فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام می‌تواند در میزان مواد جامد محلول نهایی آن موثر باشد. به علاوه اینکه میزان مواد جامد محلول تاثیر قابل توجهی برسایر ویژگی‌ها نظیر بافت، ویسکوزیته و آب‌اندازی دارد. اثر منفی استویا به‌عنوان جایگزین ساکارز در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (Homayouni Rad *et al.*, 2012 ; Hashemi *et al.*, 2015).



شکل ۶- (الف) کفایت برازش مدل رگرسیونی و (ب) نمودار سطح پاسخ تاثیر افزودن صمغ کتیرا (A; %) و جایگزینی ساکارز با استویا (B; %) بر مواد جامد محلول کل (°Brix)

Fig. 6- (a) Goodness of fit and (b) Response surface plot showing the effects of Tragacanth gum (A; %), and stevia substitution (B; %) on total soluble solids (°Brix)

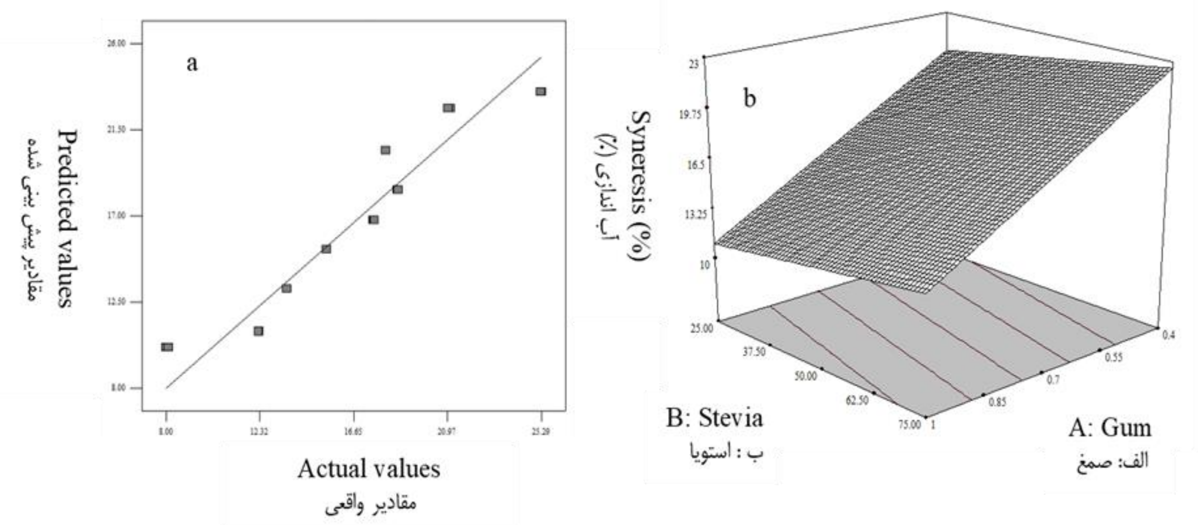
آب‌اندازی

محدوده آب‌اندازی دسر غیرلبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا در محدوده ۸ تا ۲۵/۲۹ درصد قرار داشت (جدول ۱). براساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، آزمون F برای مدل خطی معنی‌دار بود (F-value=۹۰/۳۰، p<۰/۰۰۱). به علاوه، اثرات خطی تمامی فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری بر پاسخ داشتند. مدل چند جمله‌ای نهایی حاصل به شرح زیر بود:

$$Synersis = 16.80 - 4.71A + 1.10B$$

در این معادله، A میزان صمغ کتیرا (درصد) و B میزان جایگزینی ساکارز با استویا (درصد) بود. دقت و ارتباط بین پاسخ و متغیرهای مستقل به وضوح توسط ضریب تبیین (R^2=۰/۹۰۹۴) و ضریب تبیین تعدیل شده (adj-R^2=۰/۸۹۹۳) نشان داده شده است. تکرارپذیری و قابلیت اطمینان به مدل توسط مقدار کم ضریب واریانس (۸/۵۸) نیز تایید شد. شکل ۷- الف نیز مؤید انطباق مطلوب بین داده‌های تجربی و پیش‌بینی شده است.

به جدا شدن آب از فراورده غذایی طی تولید یا پس از آن آب‌اندازی اطلاق می‌شود. به‌طور کلی آب‌اندازی فراورده‌های غذایی پدیده‌ای نامطلوب محسوب می‌شود چراکه علاوه بر نامناسب کردن ظاهر فراورده و بالتبع آن کاهش ارزش بصری، سبب افت مواد مغذی و افزایش احتمال وقوع فسادهای میکروبی می‌گردد (Vareltzis *et al.*, 2016). تاثیر فراسنجه‌های مستقل مورد مطالعه بر میزان آب‌اندازی دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا به صورت سطح-پاسخ سه بعدی در شکل ۷- ب نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ کتیرا میزان آب‌اندازی کاهش می‌یابد و این در حالی است که افزایش میزان جایگزینی ساکارز با استویا منجر به افزایش میزان آب‌اندازی دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام می‌گردد. همان‌طور که پیشتر نیز اشاره شد صمغ کتیرا با برقراری اتصالات و برهمکنش با پروتئین‌های شیر بادام منجر به کاهش تحرک فاز آبی و ضمن افزایش ویسکوزیته باعث کاهش آب‌اندازی می‌شود (Gómez-Guillén *et al.*, 2011; Morreale *et al.*, 2018). به نظر می‌رسد بخش محلول صمغ کتیرا یا همان تراگاکانتین باعث افزایش پایداری سیستم و کاهش آب‌اندازی دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام می‌شود (Zhihua *et al.*, 2015). در مطالعات پیشین کاهش میزان آب‌اندازی انواع ماست، دسرهای تخمیری غیر لبنی، دسرهای لبنی کم‌چرب و شیر پسته به ترتیب از طریق افزودن پکتین، ژلاتین، صمغ‌های به و بالنگو و ژلاتین و کتیرا گزارش شده است (Supavititpatana *et al.*, 2008; Gerdabi Targhi *et al.*, 2018; Aarabi *et al.*, 2019; Karbalaei Amini *et al.*, 2021). افزایش میزان آب‌اندازی دسرهای غیر لبنی بر پایه شیر بادام با افزایش میزان جایگزینی ساکارز با استویا را می‌توان به کاهش مواد جامد محلول در فرمولاسیون دسر مرتبط دانست که این امر منجر به کاهش دانسیته و افزایش اندازه حفرات در شبکه پروتئینی در دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام می‌شود.



شکل ۷- (الف) کفایت برازش مدل رگرسیونی و (ب) نمودار سطح پاسخ تاثیر افزودن صمغ کتیرا (A; %) و جایگزینی ساکارز با استویا (B; %) بر آب‌اندازی (٪)

Fig. 7-(a) Goodness of fit and (b) Response surface plot showing the effects of Tragacanth gum (A; %), and stevia substitution (B; %) on syneresis (٪)

جدول ۲- تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) مدل‌های رگرسیونی برای پاسخ‌های مورد مطالعه

Table 2- Analysis of variance (ANOVA) of the regression models for studied responses

Source منبع	**Sum of squares** مجموع مربعات	**Df** درجه آزادی	**Mean squares** میانگین مربعات	***F*-value** ارزش *F*	***p*-value** ارزش *p*
			Firmness سفتی		
Model مدل	0.012	2	5.79×10^{-3}	185.66	< 0.0001
A-Gum conc. الف- غلظت صمغ	0.010	1	0.010	335.26	< 0.0001
B-Stevia ب- استویا	1.12×10^{-3}	1	1.12×10^{-3}	36.07	< 0.0001
Residual باقیمانده	5.62×10^{-4}	18	3.12×10^{-5}		
Lack-of-Fit عدم برازش	5.53×10^{-4}	6	9.23×10^{-5}	133.28	< 0.0001
Pure Error خطای خالص	8.31×10^{-6}	12	6.92×10^{-7}		
Cor Total کل	0.012	20			
R^2 ضریب تبیین	0.9538	Adj-R^2 ضریب تبیین تعدیل شده	0.9486	C.V.% ضریب واریانس٪	10.47
			Viscosity ویسکوزیته		
Model مدل	3.29	3	1.10	809.82	< 0.0001
A-Gum conc. الف- غلظت صمغ	3.22	1	3.22	2371.85	< 0.0001
B-Stevia ب- استویا	0.064	1	0.064	47.50	< 0.0001

AB	0.014	1	0.014	10.10	0.0055
Residual باقیمانده	0.023	17	1.35×10^{-3}		
Lack-of-Fit عدم برازش	0.023	5	4.58×10^{-3}	502.83	< 0.0001
Pure Error خطای خالص	1.09×10^{-4}	12	9.12×10^{-6}		
Cor Total کل	3.32	20			
R^2 ضریب تبیین	0.9931	Adj-R^2 ضریب تبیین تعدیل شده	0.9918	C.V.% ضریب واریانس٪	5.00
		L*			
Model مدل	91.70	5	18.34	23.11	< 0.0001
A-Gum conc. الف- غلظت صمغ	37.63	1	37.63	47.42	< 0.0001
B-Stevia ب- استویا	21.07	1	21.07	26.55	0.0001
AB	10.72	1	10.72	13.50	0.0023
A^2	8.34	1	8.34	10.50	0.0055
B^2	6.08	1	6.08	7.66	0.0144
Residual باقیمانده	11.91	15	0.79		
Lack-of-Fit عدم برازش	11.88	3	3.96	2119.11	< 0.0001
Pure Error خطای خالص	0.022	12	1.86×10^{-3}		
Cor Total کل	103.61	20			
R^2 ضریب تبیین	0.8851	Adj-R^2 ضریب تبیین تعدیل شده	0.8468	C.V.% ضریب واریانس٪	1.04
		a*			
Model مدل	7.36	2	3.68	54.21	< 0.0001
A-Gum conc. الف- غلظت صمغ	7.35	1	7.35	108.38	< 0.0001
B-Stevia ب- استویا	3.20×10^{-3}	1	3.20×10^{-3}	0.047	0.8303
Residual باقیمانده	1.22	18	0.068		
Lack-of-Fit عدم برازش	1.22	6	0.20	2913.95	< 0.0001
Pure Error خطای خالص	8.37×10^{-4}	12	6.97×10^{-5}		
Cor Total کل	8.58	20			
R^2 ضریب تبیین	0.8576	Adj-R^2 ضریب تبیین تعدیل شده	0.8418	C.V.% ضریب واریانس٪	4.42

ادامه جدول ۲-

Continue of Table 2-

Source منبع	Sum of squares مجموع مربعات	Df درجه آزادی	Mean squares میانگین مربعات	*F*-value ارزش *F*	*p*-value ارزش *p*
		b*			
Model مدل	3.66	2	1.83	14.27	0.0002
A-Gum conc. الف- غلظت صمغ	3.46	1	3.46	26.99	< 0.0001
B-Stevia ب- استویا	0.20	1	0.20	1.56	0.2278
Residual باقیمانده	2.31	18	0.13		
Lack-of-Fit عدم برازش	2.31	6	0.38	3061.83	< 0.0001
Pure Error خطای خالص	1.50×10^{-3}	12	1.25×10^{-4}		
Cor Total کل	5.97	20			
R^2 ضریب تبیین	0.6133	Adj-R^2 ضریب تبیین تعدیل شده	0.5703	C.V.% ضریب واریانس٪	5.92
		Total soluble solids مواد جامد محلول کل			
Model مدل	9.59	2	4.80	28.55	< 0.0001
A-Gum conc. الف- غلظت صمغ	8.33	1	8.33	49.58	< 0.0001
B-Stevia ب- استویا	1.26	1	1.26	7.51	0.0134
Residual باقیمانده	3.02	18	0.17		
Lack-of-Fit عدم برازش	2.93	6	0.49	61.44	< 0.0001
Pure Error خطای خالص	0.095	12	7.94×10^{-3}		
Cor Total کل	12.62	20			
R^2 ضریب تبیین	0.7603	Adj-R^2 ضریب تبیین تعدیل شده	0.7337	C.V.% ضریب واریانس٪	5.45
		Syneresis آب اندازی			
Model مدل	374.83	2	187.41	90.30	< 0.0001
A-Gum conc. الف- غلظت صمغ	355.34	1	355.34	171.22	< 0.0001
B-Stevia ب- استویا	19.49	1	19.49	9.39	0.0067
Residual باقیمانده	37.36	18	2.08		
Lack-of-Fit عدم برازش	37.34	6	6.22	4520.56	< 0.0001
Pure Error خطای خالص	0.017	12	1.37×10^{-3}		
Cor Total کل	412.18	20			
R^2 ضریب تبیین	0.9094	Adj-R^2 ضریب تبیین تعدیل شده	0.8993	C.V.% ضریب واریانس٪	8.58

بهینه‌سازی فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام

فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام حاوی صمغ کتیرا و استویا با هدف دستیابی به حداکثر سفتی بافت، ویسکوزیته، روشنایی و مواد جامد محلول و به حداقل رساندن قرمزی- سبزی، زردی- آبی و آب‌اندازی از طریق تکنیک عددی بهینه‌سازی گردید. برای دستیابی به اهداف مذکور می‌توان از صمغ کتیرا به میزان ۱ درصد و ۴۵ درصد جایگزینی ساکارز با استویا استفاده نمود. تحت این شرایط میزان سفتی بافت (۰/۰۸ نیوتن)، ویسکوزیته (۱/۲۰ پاسکال.ثانیه)، روشنایی (۸۲/۷۷)، قرمزی- سبزی (۰/۹۵)، زردی- آبی (۵/۶۰)، مواد جامد محلول (۸/۲۹ درجه بریکس) و آب‌اندازی (۱۱/۸۸ درصد) بود. عدم وجود تفاوت چشمگیر بین مقادیر به‌دست آمده از مدل و مشاهدات تجربی (حداقل ۵ تکرار) به خوبی کارآیی مدل را اثبات می‌نماید. مقادیر تجربی سفتی بافت (۰/۱۰±۰/۰۳ نیوتن)، ویسکوزیته (۱/۱۵±۰/۲۴ پاسکال.ثانیه)، روشنایی (۸۳/۱۷±۱/۸۱)، قرمزی- سبزی (۰/۸۸±۰/۱۰)، زردی- آبی (۵/۳۶±۰/۸۶)، مواد جامد محلول (۷/۸۶±۰/۹۰ درجه بریکس) و آب‌اندازی (۱۲/۰۸±۱/۰۳ درصد) بود.

ویژگی‌های حسی

نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی دسر غیر لبنی حاوی سطوح بهینه صمغ کتیرا و استویا و نمونه کنترل (فاقد صمغ کتیرا و حاوی ساکارز) در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس امتیازات ارزیابان حسی با افزودن صمغ و جایگزینی استویا به فرمولاسیون دسر غیر لبنی امتیاز ویژگی بافت به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت. دلیل افزایش امتیاز بافت در نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا و استویا را می‌توان به بهبود احساس دهانی دسر در اثر افزودن صمغ مرتبط دانست چرا که عموما مصرف‌کنندگان بافت خیلی رقیق و یا خیلی غلیظ را نمی‌پسندند. در این راستا لازم به ذکر است که میزان مواد جامد محلول کل، سفتی بافت و ویسکوزیته نمونه کنترل به ترتیب ۶/۵۰±۰/۳۵ درجه بریکس، ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۴۱ نیوتن و ۰/۱۱ ±۰/۳۸ پاسکال.ثانیه بود که به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) کمتر از نمونه بهینه می‌باشند. بر اساس نتایج به‌دست آمده ارزیابان حسی نتوانستند تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) در ویژگی‌های رنگ، مزه و عطر و طعم نمونه بهینه و نمونه کنترل قائل شوند. بررسی نتایج مولفه‌های رنگ نیز حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار ($p>0.05$) بین مولفه‌های رنگ نمونه کنترل و بهینه بود به‌طوری‌که برای نمونه کنترل میزان روشنایی (۸۴/۸۸±۱/۷۲)، قرمزی- سبزی (۰/۷۰±۰/۱۳) و زردی- آبی (۳/۹۰±۰/۶۲) به‌دست آمد. نتایج بررسی ظاهر دسرها حاکی از آن است که نمونه حاوی صمغ کتیرا و استویا در مقایسه با نمونه کنترل به طور معنی دار ($p<0.05$) از امتیاز بالاتری برخوردار است. بالاتر بودن امتیاز ظاهر نمونه حاوی سطوح بهینه صمغ کتیرا و استویا را می‌توان به اثر پایدار کنندگی صمغ کتیرا نسبت داد. نتایج میزان آب‌اندازی نمونه‌ها نیز تایید کننده امتیاز ظاهر بالاتر نمونه بهینه می‌باشد چراکه میزان آب‌اندازی نمونه کنترل (۱/۰۲ ± ۱۸ درصد) به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر از نمونه بهینه (۱۲/۰۸±۱/۰۳ درصد) بود. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود افزودن صمغ کتیرا و جایگزینی استویا در سطوح بهینه سبب افزایش امتیاز پذیرش کلی نسبت به نمونه کنترل شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اذعان نمود که افزودن صمغ کتیرا سبب بهبود ویژگی‌های حسی دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام می‌شود در حالی‌که با جایگزینی استویا بدون تاثیر منفی بر ویژگی‌های حسی می‌توان به فراورده‌ای با کالری کاهش یافته دست یافت.

جدول ۳- امتیازات ارزیابی ویژگی‌های حسی دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام با فرمولاسیون بهینه و نمونه کنترل

Table 3- Sensorial properties evaluation scores for optimized and control formulation of non-dairy dessert based on almond milk

Treatment تیمار	Texture بافت	Color رنگ	Appearance ظاهر	Taste مزه	Flavor عطر و طعم	Total acceptance پذیرش کلی
Control (100% Sucrose) کنترل (۱۰۰٪ ساکارز)	2.2±0.56^b	3.93±0.79^a	3.26±0.70^b	4.13±0.35^a	3.86±0.74^a	3.06±0.45^b
Optimized (1% T. gum+45% stevia substitution) بهینه (۱٪ صمغ کتیرا+۴۵٪ جایگزینی استویا)	4.53±0.51^a	4.00±0.84^a	4.66±0.48^a	4.20±0.41^a	3.86±0.83^a	4.60±0.50^a

*Different lowercase superscripts in a column express significant difference between means (p<0.05).

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p<0.05$).

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با توجه به اهمیت توسعه فراورده‌های غیر لبنی برای افرادی که قادر به مصرف فراورده های لبنی نیستند و همچنین پاسخ به نیازها و تغییر عادات غذایی مصرف کنندگان صورت پذیرفت. در این راستا تاثیر افزودن صمغ کتیرا و استویا به‌عنوان جایگزین ساکارز در فرمولاسیون دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام بررسی و بهینه‌سازی گردید. با توجه به میزان کم چربی شیر بادام (۲/۶۶ درصد) افزودن صمغ کتیرا توانست خصوصیات بافتی ضعیف این دسر غیر لبنی را به‌طور چشمگیری بهبود بخشد. به‌علاوه با افزودن صمغ کتیرا میزان ویسکوزیته، مولفه قرمزی- سبزی و مواد جامد محلول افزایش و در مقابل میزان مولفه روشنایی، مولفه زردی- آبی و آب‌اندازی کاهش یافت. افزایش میزان جایگزینی ساکارز با استویا منجر به کاهش سفتی بافت، ویسکوزیته، مولفه زردی- آبی، مواد جامد محلول و آب‌اندازی و افزایش مولفه روشنایی گردید اما تاثیر معنی‌داری بر میزان مولفه قرمزی- سبزی نداشت. فرمولاسیون بهینه دسر غیر لبنی بر پایه شیر بادام برای دستیابی به حداکثر سفتی بافت، ویسکوزیته، مولفه روشنایی و مواد جامد محلول و به حداقل رساندن مولفه‌های قرمزی- سبزی، زردی- آبی و آب‌اندازی شامل افزودن صمغ کتیرا به میزان ۱ درصد و جایگزینی استویا به میزان ۴۵ درصد بود. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر قابل اطمینان بودن روش شناسی سطح- پاسخ برای انتخاب شرایط بهینه فرمولاسیون می‌توان با افزودن صمغ کتیرا و استویا یک فراورده جدید با کالری کاهش یافته، فراسودمند و مشتری پسند به بازار مصرف عرضه نمود. برای پژوهش‌های آتی می‌توان غنی‌سازی دسر غیرلبنی بر پایه شیر بادام با ترکیبات زیست فعال و افزایش زمان ماندگاری را در نظر گرفت.

منابع

1. Aarabi, A., Mehraban sangatash M., Karazhyan, R., & Ehtiati A. (2019). Optimization of non-dairy fermented dessert formulations based on almond milk. *Journal of Food Science and Technology (Iran) 16*(94): 113-126.
2. Alirezaee, N., & Barzegar, H. (2017). The effect of inulin and guar hydrocolloids on rheological propertise of pulp and Bread texture by response surface method (RSM). *Iranian Journal of Innovation in Sciences & Technology, 10*(1): 119-129.
3. Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., & Kheirouri, S. (2014). Impact of using stevia on physicochemical, sensory, rheology and glycemic index of soft ice cream. *Food and Nutrition Sciences* 5: 390-396. https://doi.org/10.4236/fns.2014.54047.
4. AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17^{th} Ed., Published by the Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.
5. Aportela Palacios, A., Sosa Morales, M.E., & Vélez- Ruiz, J.F. (2005). Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. *Journal of Texture Studies 36*(3): 333-349. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2005.00020.x.
6. Aranda-Gonzalez, I., Perera-Pacheco, M., Barbosa-Martin, E., & Betancur–Ancona, D. (2016). Replacing sugar with *S. rebaudiana* extracts on the physicochemical and sensory properties of strawberry ice cream. *Ciencia Rural* 46: 604-609. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150505.
7. Asgari, E., & Goli, M. (2018). Survey on the effect of sucrose replacement with Stevia (*Stevia rebaudiana*) powder and tragacanth gum on physico-chemical, rheological and sensorial properties of apricot nectar. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology (JRIFST) 7*(1): 105-118.
8. Ayar, A., Sert, D., & Akbulut, M. (2009). Effect of salep as a hydrocolloid on storage stability of 'I˙ncir Uyutması' dessert. *Food Hydrocolloids* 23: 62–71. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.11.014.
9. Bayarri, S., Chulia, I., & Costell, E. (2010). Comparing λ-carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. *Food Hydrocolloids 24*(6): 578-587. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.02.004.
10. Bernat, N., Chafer, M., Rodríguez-García, J., Chiralt, A., & Gonzalez-Martínez, C. (2015). Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and stability of almond and hazelnut milks. *LWT - Food Science and Technology* 62: 488-496. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.045.
11. Chen, C.Y., Milbury, P.E., Lapsley, K., & Blumberg, J.B. (2005). Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *Journal of Nutrition 135*(6): 1366–1373. https://doi.org/10.1093/jn/135.6.1366.
12. Dhakal, S., Liu, C., Zhang, Y., Roux, K.H., Sathe, S.K., & Balasubramaniam, V.M. (2014). Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk. *Food Research International 62*(215): 215-222. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.021.
13. Faghih Zadeh Gorji, E., & Sharifi, A. (2020). Study of physicochemical, microbial and rheological properties of gelatin dissert with stevia sweetener. *Journal of Innovation in Food Science and Technology 11*(4): 1-11.

14. Falah Shojaee, M., Sadeghi Mahoonak, A.R., Khomeiri, M., & Ghorbani, M. (2018). Evaluation of antioxidant activity of methanol extract of Stevia rebaudiana Bertoni and investigation of this properties in dairy dessert *EJFPP 8*(2): 69-90.
15. Gerdabi Targhi, S., Aminifar, M., & Moslehishad, M. (2018). Optimization pistachio milk formulation using response surface methodology and evaluation of its viscosity, physicochemical and sensory properties. *Iranian Journal of Food Science and Technology 15*(75): 161-172.
16. Gómez-Guillén, M.C., Giménez, B., López-Caballero, M.E., & Montero, M.P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids 25*(8): 1813–1827. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007.
17. Granato, D., Ribeiro, J.C.B., Castro, I.A., & Masson, M.L. (2010). Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surface methodology. *Food Chemistry* 121: 899–906. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.014.
18. Grundy, M. ML., Grassby, T., Mandalari, G., Waldron, K.W., Butterworth, P.J., Berry, S.E., & Ellis, P.R. (2015). Effect of mastication on lipid bioaccessibility of almonds in a randomized human study and its implications for digestion kinetics, metabolizable energy, and postprandial lipemia. *The American Journal of Clinical Nutrition* 101: 25-33. https://doi.org/10.3945/ajcn.114.088328.
19. Hashemi, N., Rabie, H., Tavakolipour, H., & Gazerani, S. (2015). Effect of stevia (*Stevia rebaudiana*) as a substitute for sugar on physicochemical, rheological and sensory properties of dietary saffron syrup saffron. *Agronomy and Technology 2*(4): 303-310.
20. Homayouni Rad, A., Delshadian, Z., Arefhosseini, S.R., Alipour, B., & Asghari Jafarabadi, M. (2012). Effect of inulin and stevia on some physical properties of chocolate milk. *Health Promotion Perspectives 2*(1): 42-47. https://doi.org/10.5681/hpp.2012.005.
21. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2012). *Milk and milk products*- Milk-base desserts- Specification and test method, ISIRI no 14681. Karaj: ISIRI.
22. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2006). *Milk and milk products* – Determination of titrable acidity and value pH – Test method, ISIRI no 2852. Karaj: ISIRI.
23. Jalali-khanabadi, B.-A., Mozaffari-Khosravi, H., & Parsaeyan, N. (2010). Effects of almond dietary supplementation on coronary heart disease lipid risk factors and serum lipid oxidation parameters in men with mild hyperlipidemia. *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 16: 1279–1283. https://doi.org/10.1089/acm.2009.0693.
24. Jenkins, D., Kendell, C., Marchie, A., Josse, A.R., Nguyen, T.H., & Faulkner, D.A. (2008). Almonds reduce biomarkers of lipid peroxidation in older hyperlipidemic subjects. *Journal of Nutrition* 138: 908-913. https://doi.org/10.1093/jn/138.5.908.
25. Jooyandeh, H., Rostamabadi, H., & Goudarzi, M. (2019). Effect of psyllium husk, basil, and cress seed mucilages on rheological behavior of low-fat chocolate dairy dessert. *Journal of Food Research 29*(1): 83-98.
26. Jooyandeh, H., Rostamabadi, H., & Goudarzi, M. (2019). Effect of Zedo and almond gums as fat replacers on flow behavior and organoleptic characteristics of vanilla low-fat dairy dessert. *Journal of Food Technology and Nutrition 16*(2): 15-24.
27. Kamil, A., & Chen, C.Y. (2012). Health benefits of almonds beyond cholesterol reduction. *Journal of Agriculture and Food Chemistry 60*(27): 6694–6702. https://doi.org/10.1021/jf2044795.
28. Karajian, H., Mehrafza, E., & Daliry, N. (2015). *Evaluation of different concentration of Lepidium sativum gum on physicochemical characteristics and viscosity of dairy dessert*. National Conference on Food Science and Technology.
29. Karbalaei Amini, S.S., Aminifar, M., & Yousefi, S.S. (2021). Evaluation of structural and sensory physicochemical properties of low – fat milky dessert modified with Quince (*Cydonia oblonga*) and Balangu (*Lallemantia*) native gums. *Iranian Journal of Food Science and Technology 18*(111): 131-146.
30. Kennelly, E.J. (2001). Sweet and nonsweet constituents of *Stevia rebaundiana* (Bertoni). In: Stevia, the genus Stevia. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants 19*(2): 68-85.
31. Li, Y.-t., Chen, M.-s., Deng, L.-z., Liang, Y.-z., Liu, Y.-k., Liu, W., Liu, C.-m. (2021). Whole soybean milk produced by a novel industry-scale micofluidizer system without soaking and filtering. *Journal of Food Engineering* 291: 110228. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110228.
32. Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Hashemi Shahraki, M. (2016). Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of Food Processing and Preservation 40*(5): 828-839. https://doi.org/10.1111/jfpp.12661.
33. Mandalari, G., Rigby, N.M., Bisignano, C., Curto, R.B.L., Mulholland, F., Su, M., & Roux, K.H. (2014). Effect of food matrix and processing on release of almond protein during simulated digestion. *LWT- Food Science and Technology* 59: 439-447. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.005.

34. Mehrabi, Z., & Goli, M. (2018). Production of dairy dessert based on formulation of date syrup, corn starch and gelatin using response surface methodology (RSM). *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology 13*(3): 115-125.
35. Milani, E., Baghaei, H., & Mortazavi, S.A. (2011). Evaluation of dates syrup and guar gum addition on physicochemical, viscosity & textural properties of low fat orange yog-ice cream. *Iranian Food Science and Technology Research Journal 7*(2): 115-120.
36. Morreale, F., Garzón, R., & Rosell, C.M. (2018). Understanding the role of hydrocolloids viscosity and hydration in developing gluten-free bread. A study with hydroxypropylmethylcellulose. *Food Hydrocolloids* 77: 629-635. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.004.
37. Nateghi, L., Ahmadi, M., & Shahablavasani, A. (2019). Effect of mulberry syrup and basil seed and tragacanth gums on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chocolate milk. *Food Engineering Research 18*(66): 87-100.
38. Samavati, V. (2013). Polysaccharide extraction from Abelmoschus esculentus: Optimization by response surface methodology. *Carbohydrate Polymers* 95*:* 588–597. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.041.
39. Sang, S., Cheng, X., Fu, H.-Y., Shieh, D.-E., Bai, N., Lapsley, K., Ho, C.-T. (2002). New type sesquiterpene lactone from almond hulls (*Prunus amygdalus* Batsch). *Tetrahedron Letters* 43: 2547–2549.
40. Sheybani, M., Pourahmad, R., & Eshaghi, M.R. (2018). Effect of sucrose replacement with rebaudioside A and isomalt on viability of probiotic bacteria and physicochemical and sensory properties of kefir ice cream. *Journal of Food Research 28*(4): 143-154.
41. Siriwardhana, S.S.K.W., & Shahidi, F. (2002). Antiradical activity of extracts of almond and its by-products. *Journal of the American Oil Chemists' Society 79*(903): 903-908. https://doi.org/10.1007/s11746-002-0577-4.
42. Supavititpatana, P., Wirjantoro, T.I., Apichartsrangkoon, A., & Raviyan, P. (2008). Addition of gelatin enhanced gelation of corn–milk yogurt. *Food Chemistry 106*(1): 211-216. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.058.
43. Tan, S.Y., & Mattes, R. (2013). Appetitive, dietary and health effects of almonds consumed with meals or as snacks: a randomized, controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition* 67: 1205-1214.
44. Tárrega, A., & Costell, E. (2006). Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy dessert. *International Dairy Journal 16*(9): 1104-1112. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.09.002.
45. Valencia Flores, D.C., Hernández-Herrero, M., Guamis, B., & Ferragut, V. (2013). Comparing the effects of ultra high pressure homogenization and conventional thermal treatments on the microbiological, physical, and chemical quality of almond beverages. *Journal of Food Science 78*(2): 199-205.
46. Vareltzis, P., Adamopoulos, K., Stavrakakis, E., Stefanakis, A., & Goula, A.M. (2016). Approaches to minimise yoghurt syneresis in simulated tzatziki sauce preparation. *International Journal of Dairy Technology 69*(2): 191-199. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12238.
47. Walter, J.M., & Soliah, L. (2010). Objective measures of baked products made with Stevia. *Journal of the American Dietetic Association 110*(9): 54-57. https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.06.196.
48. Wang, X., Ye, A., & Singh, H. (2020). Structural and physicochemical changes in almond milk during *in vitro* gastric digestion: impact on the delivery of protein and lipid. *Food & Function* 11: 4314-4326. https://doi.org/10.1039/C9FO02465D.
49. Weiping, W., & Branwell, A. (2000). *Tragacanth and karaya*. PP. In: G.O. Phillips, P.A. Williams editors. Handbook of hydrocolloids. First Edition. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd. and Boca Raton, CRC Press LLC.
50. Yanes, M., Duran, L., & Costell, E. (2002). Effect of hydrocolloid type and concentration on behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. *Food and Agriculture Organization of the United Nations 16*(6)*:* 605–611. https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00023-1.
51. Zhihua, P., Deeth, H., & Bansal, N. (2015). Effect of polysaccharides with different ionic charge on the rheological, microstructural and textural properties of acid milk gels. *Food Research International* 72: 62–73. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.02.009.
52. Zomorodi, S., Karimpour Sohragheh, M., & Behmadi, H. (2018). Effect of mung bean flour and tragacanth gum on physicochemical properties and shell color indexes of the cacao sponge cake. *Food Engineering Research 17*(64): 29-40.